

Biogas und Äthanol als alternative Kraftstoffe für landwirtschaftliche Motoren

Biogas and Ethanol as Alternative Fuel for Internal Combustion Engines in Agriculture

Von Monika Redwanz*) und Hans Walter**)

1. Einführung

Im Laufe der letzten zehn Jahre wurde deutlich, daß der Konsum von Erdöl seinen Höhepunkt überschritten hat. Ähnliches ist auch bei den anderen wichtigen fossilen Brennstoffen, wie Kohle und Gas, in absehbarer Zeit prognostizierbar. Die Notwendigkeit, Versorgungsabhängigkeiten und steigenden Preisen entgegenzuwirken, sowie das Erkennen der Begrenztheit der fossilen Brennstoffe beschleunigten die Suche nach neuen, regenerierbaren Energiequellen und deren Nutzung.

Hier bietet sich nun der Einsatz von alternativen Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen als Ansatzpunkt an. In diesem Bereich gilt das allgemeine Interesse neben den Pflanzenölen hauptsächlich der Verwendung von Äthanol und Biogas. Die Ausgangsstoffe sind zucker- und stärkehaltige Pflanzen. Die folgenden Abschnitte dieser Arbeit behandeln die Gewinnung und die Eigenschaften der beiden Stoffe und prüfen ihre Eignung als Kraftstoffe.

*) Dipl.-Ing. agr. Monika Redwanz

Anschrift: Bureau SVA B.P. 11895, Niamey, Niger

**) Prof. Dr. Hans Walter, Hochschullehrer für Landtechnik und Technologie an der Gesamthochschule Kassel, Fachbereich Internationale Agrarwirtschaft.

Anschrift: Steinstraße 19, D-3430 Witzenhausen

2. Biogas

2.1. Gewinnung und Eigenschaften

Grundlage des Prinzips der Biogasgewinnung ist die Bildung von Gas bei der Verrottung von organischer Substanz durch das Mitwirken von aeroben Bakterien. Unter diesen Bedingungen entwickeln sich Wärme und gasförmige Kohlensäure, die ungenutzt in die Luft entweichen (8).

Erfolgt die Verrottung dagegen unter Luftabschluß in einem Gärbehälter, kommt es durch die Tätigkeit anaerober Bakterien zur Faulgasbildung. Aufgrund der biologischen Erzeugung des Fäulnisproduktes entstand die Bezeichnung Biogas. Es handelt sich jedoch nicht um reines Methangas, sondern um ein Gemisch aus Methan und Kohlensäure. Der Energieträger ist das Methan. Der entscheidende Vorteil von Biogas besteht darin, daß sich das Gas selbsttätig, also ohne energieaufwendige Prozesse, vom Gärsubstrat trennt.

Die Nutzung der aus Abfällen gewinnbaren Energieform ist seit langem vielfältig. Neben Heizungsanlagen, Warmwasseraufbereitern und Kühlgeräten werden Herde gespeist, Strom erzeugt und nicht zuletzt Motoren angetrieben.

Die Eigenschaften des Gases können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Zusammensetzung aus 55–70% Methan (CH_4) als brennbarem Anteil, ca. 35% Kohlensäure (CO_2), sowie geringeren Mengen Stickstoff, Sauerstoff und Schwefelwasserstoff (1).
- Der mittlere Heizwert von Biogas mit 60% Methananteil liegt bei 22 MJ/m^3 ; d. h., daß der Energieinhalt von 1 m^3 Biogas durchschnittlich 0,65 l Diesel entspricht (6).
- Das Gas hat eine Oktanzahl von 100–110, es gehört demzufolge zu den klopfesten Stoffen, die in Motoren mit höherer Verdichtung (8–11) verbrannt werden können (12).
- Biogas hat relativ schlechte Selbstzündungseigenschaften.

Da Biogas unter Normalbedingungen nicht verflüssigbar ist und die chemische Umwandlung in flüssiges Methanol für bäuerliche Betriebe zu kostspielig ist, entstehen Probleme bezüglich der Lagerung des gewonnenen Gases.

Aus Gründen der Raumersparnis ist es bereits seit den 50er Jahren üblich, das Gas durch einen Kompressor bis auf 350 bar zu verdichten und in einem Hochdruckgasbehälter zu lagern. Dieser wiederum erlaubt das Auffüllen von Gasflaschen, wobei der Druck auf 200 bar reduziert wird (12, 4).

Schwierigkeiten bereitet neben den sehr hohen Anschaffungskosten für Druckbehälter und Gasflaschen die Korrosionswirkung des im Gas enthaltenen Schwefelwasserstoffes, der demzufolge vor dem Befüllen von Hochdruckbehältern entfernt werden muß.

Ein weiteres Problem stellt die Wärmeisolierung der Gasbehälter dar. Die einfachste Methode besteht darin, frischen Mist um die Behälter zu packen, der nicht nur gegen Kälte schützt, sondern seine eigene Wärme an den Behälter abgibt. Da diese Art der Isolierung jedoch nur einen minderwertigen Kälteschutz darstellt, werden heute die Gärbehälter beheizt, wobei die Energie für die Heizung das Biogas liefert. In der

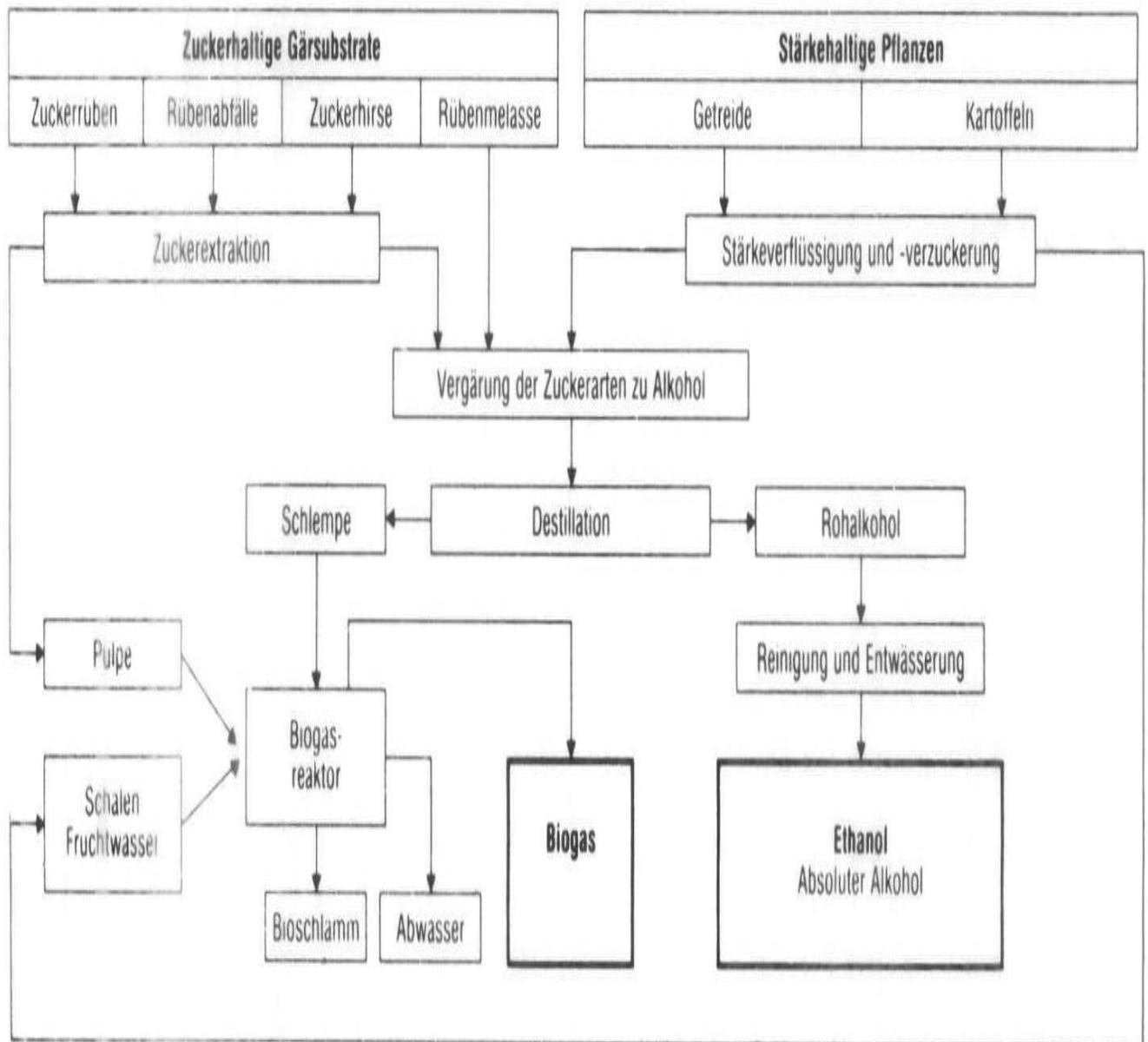


Abbildung 1: Die Gewinnung von Äthanol und Biogas aus zuckerhaltigen und stärkehaltigen Pflanzen (14)

heißen Zeit wird eine gleichbleibende Gärtemperatur durch die Sonnenwärme gewährleistet.

Dem Problem der Erwärmung und Wärmeisolierung ist höchste Aufmerksamkeit zu schenken, weil davon die Produktion der anaeroben Bakterien abhängt. Laut Eggersglüss (7) beträgt die günstigste Gärtemperatur 30–32 °C. Bei einer Erhöhung der Gärtemperatur bis 54 °C läßt sich eine Steigerung der Gasausbeute erzielen (1). Durch die Gärtemperatur wird auch die Verweilzeit des Gärgutes in dem Behälter bestimmt. Mit steigender Gärtemperatur (bis 54 °C) nimmt die Verweilzeit ab. Für die Freisetzung der Gesamtgasmenge sind bei den einzelnen Stoffgruppen spezifische Verweilzeiten notwendig, wobei die Gasproduktion je Zeiteinheit mit fortschreitender Faulzeit zunächst stark ansteigt und nach Überschreitung eines Maximums langsam wieder abnimmt. Dabei spielen die Inhaltsstoffe der Gärsubstanz eine entscheidende Rolle. Wie auf Abbildung 2 zu sehen ist, weist Gras im Gegensatz zu Stroh und Rinderkot eine hohe Gasausbeute und eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit auf. Gras reagiert aufgrund seines hohen Eiweißgehaltes schnell, wohingegen Stroh und Rinderkot mit einem hohen Ligninanteil viel langsamer aufgeschlossen werden können.

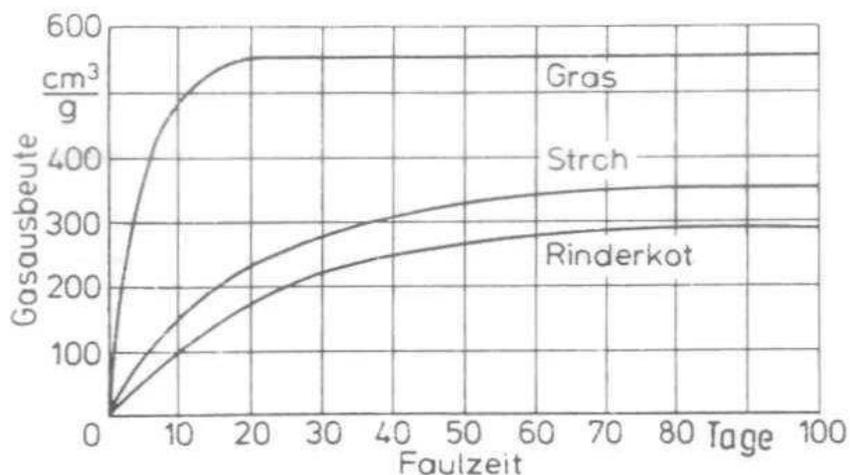


Abbildung 2: Gasausbeute je Gramm organischer Trockensubstanz bei 30 °C Faultemperatur (1)

Die Gasausbeute noch anderer Ausgangssubstanzen verdeutlicht Tabelle 1.

Tabelle 1: Gasausbeute weiterer Ausgangssubstanzen

Zebukot (10 kg/Tag)	0,35 m ³	Biogas je kg Masse
Latrine (1 kg/Person/Tag)	0,05 m ³	- " -
Wasserhyazinthe (trocken)	0,35 m ³	- " -
Reishülsen (trocken)	0,10 m ³	- " -

2.2. Biogas als Kraftstoff

Aus den bekannten Eigenschaften des Biogases ergeben sich bei der Umrüstung eines Motors auf Gasbetrieb zwangsläufig einige notwendige Veränderungen. Bei der Umstellung eines Schleppermotors von Dieseltankbetrieb auf Biogas nennen Büttner und Maurer (4) folgende erforderliche Maßnahmen:

- Austausch der Kolben, um Verdichtung bis 1:12 zu erhalten.
- Anbringung der Zündkerzen im Zylinderkopf anstelle der Einspritzdüsen.
- Austausch der Einspritzpumpe gegen einen Zündverteiler mit Regler und Anbringung der Zündspule mit Verkabelung zum Zündverteiler.
- Einbau eines Gas-Luft-Mischers im Luftansaugrohr, der mit Hilfe einer Drosselklappe eine konstante Zumischung von Gas zur Ansaugluft garantiert.
- Einbau eines Niederdruckreglers vor dem Gasmischer zur Belieferung des Gasmischers mit Biogas konstanten Vordruckes.
- Anbringung eines mechanischen Gestänges zur Verbindung des Zündverteilungsreglers und der Drosselklappe des Gas-Luft-Mischers für eine gute Zündverteilung und Gaszufuhr.
- Einbau einer Druckminderanlage im Bereich des entfallenden Dieseltanks zur stufenweisen Reduzierung des Gasdruckes von 200 bar in den Gasflaschen auf 10 mbar Motorbetriebsdruck.
- Führung der erwärmten Kühlluft des Motors über die Druckminderer zur Vermeidung von Vereisungen bei der Entspannung des Biogases.

Während Seifert (12) noch die Anbringung der Gasflaschen beidseitig des Schleppers mit Hauptlast auf den Hinterachsen beschreibt, findet man heute beispielsweise bei Deutz die Unterbringung auf dem Schlepperdach; auf diese Weise werden Sicht- und Anbauräume nicht beeinträchtigt (4). Bei Verwendung von 0,05 m³-Flaschen und 200 bar Druck können pro Flasche 10 m³ Biogas (bei 20 °C laut Seifert (12) 12,5 m³) getankt werden, d. h. für vier Speicherflaschen (auf einem Schlepperdach) eine Speicherkapazität von 40 m³ (50 m³) entsprechend 26 l (32,5 l) Dieselöl. Insgesamt sind alle Um- und Ausbauten mit 300 kg zusätzlichem Gewicht zu berechnen und Veränderungen in der Lastverteilung und Schwerpunktlage zu berücksichtigen.

Bei der Auswertung der Betriebsergebnisse von Schleppern mit Biogasbetrieb fallen unterschiedliche Angaben hinsichtlich der Leistung auf.

Während bei Baader, Dohne und Brenndörfer (1) von einer Leistungsminderung bis zu 30% gegenüber Dieseltankbetrieb die Rede ist, betonen Seifert (12), sowie Büttner und Maurer (4), daß die Umstellung des Dieselmotors auf Gasbetrieb nur minimale Leistungsverluste verursacht.

Besonder erwähnt wird die im Vergleich zum Dieseltankbetrieb höhere Leistungsabgabe im unteren Drehzahlbereich und das stetig ansteigende Drehmoment bei fallender Motordrehzahl (zur Verdeutlichung siehe Abb. 3).

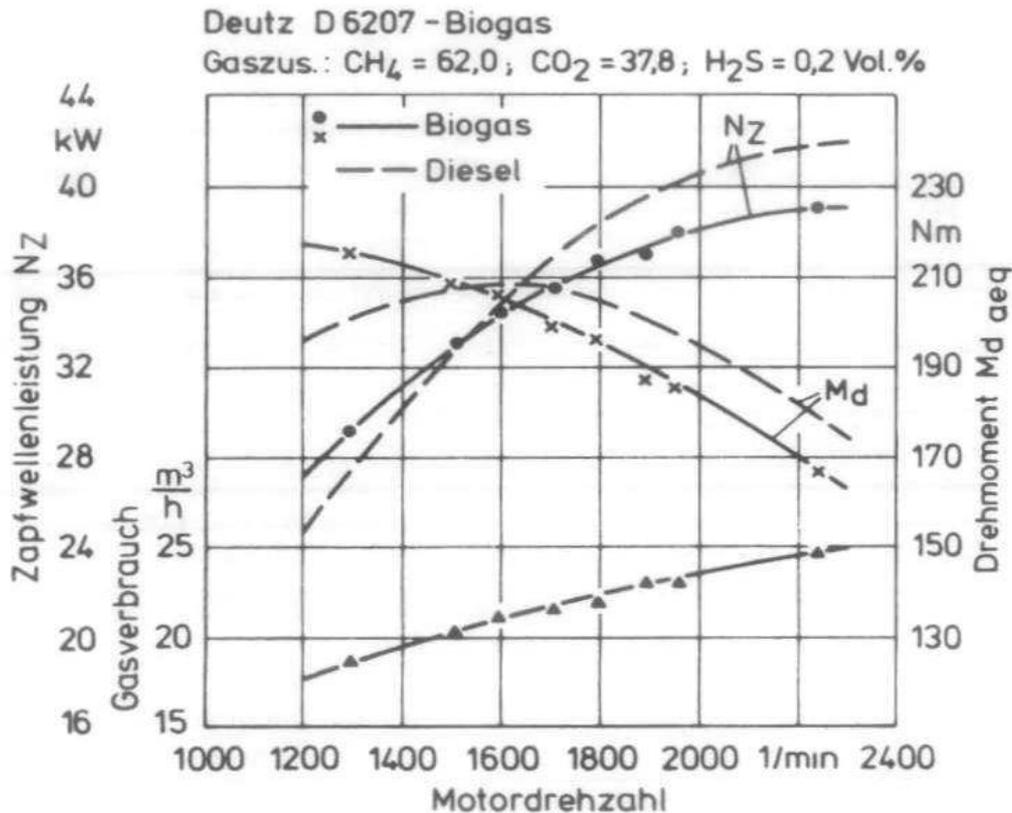


Abbildung 3: Motorkennlinie bei Biogasbetrieb im Vergleich zu Dieselbetrieb, nach Büttner u. Maurer (4)

Der Kraftstoffverbrauch für Biogas mit 60% Methananteil beträgt bei Vollast ca. 0,65 m³/kWh (d. h., ein 50 kW-Motor verbraucht bei voller Motorauslastung 32,5 m³ Gas/h, bei mittlerer Auslastung ca. 15 m³/h).

Aufgrund der Reinheit von Biogas treten gegenüber Dieselbetrieb erheblich weniger Verschleißerscheinungen am Motor auf; die Ölwechselzeit ist auf 240 statt sonst maximal 120 h ausdehnbar (7). Weiterhin sei auf Geräuschmessungen hingewiesen, die ergaben, daß Schlepper mit Biogasbetrieb niedrigere Geräuschwerte verursachen als Dieseltraktoren (bis zu 5 dB(a) niedriger).

3. Äthanol

3.1. Herstellung und Eigenschaften

Die Grundlage für die alkoholische Gärung bilden zucker-, stärke- und zellulosehaltige Pflanzen und Pflanzenteile, die entweder direkt vergoren werden können, oder deren Inhaltsstoffe zunächst in vergärbaren Zucker umgewandelt werden müssen.

Während sich die Alkoholgewinnung in Mitteleuropa weitgehend auf die Erzeugung von trinkbarem Alkohol aus Obst, Getreide und Kartoffeln beschränkt, entwickelt sich

beispielsweise in Brasilien die Herstellung von Äthanol als Alternativkraftstoff auf der Basis von Zuckerrohr.

Die technische Durchführung der Äthanolgewinnung läßt sich in folgende Schritte untergliedern (3):

- Gewinnung bzw. Herstellung einer Zuckerlösung (Saftgewinnung).
- Gärungsprozeß.
- Trennung des Alkohols von der wäßrigen Lösung (Destillation).
- Verwertung der nicht vergärbaren Stoffe.

Die Verwendung von Zuckerrohr hat in diesem Fall gegenüber anderen in Frage kommenden Pflanzen den Vorteil, daß die als Nebenprodukt anfallende Bagasse die gesamte Prozeßenergie abdecken kann.

Stellt man Äthanol aus anderen Pflanzen her, müssen wegen des hohen Anteils an Prozeßenergie billige Brennstoffe eingesetzt werden. Ansonsten wäre die Äthanolproduktion unwirtschaftlich.

Eigenschaften von Äthanol:

- Der Heizwert liegt bei 26,8 MJ/l, d. h. 1 l Alkohol entspricht hier etwa 0,60 l Dieselkraftstoff bzw. 0,65 l Benzin (2).
- Reinäthanol hat eine sehr hohe Klopfestigkeit, die mit sehr schlechten Zünd-eigenschaften einhergeht (Cetan-Zahl (Äthanol) 8, CZ (Benzin) · 15).
- Mögliche Verdichtungsverhältnisse reichen bis 14:1.
- Bedingt durch die hohe Oktanzahl ist eine hohe Verdichtung mit entsprechendem Gewinn an Wirkungsgrad und Leistung möglich.
- Viskosität, Dichte und Gemischheizwert sind wenig unterschiedlich von Benzin.

Eine Gegenüberstellung von Äthanol, Methanol, Benzin und Dieselkraftstoff zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Kennwerte von konventionellen und alternativen Kraftstoffen nach Batel u. a. (3)

Kennwert	Einheit	Äthanol	Methanol	Benzin		Dieselkraftstoff
				Normal	Super	
Heizwert H_u	MJ/kg	26,8	19,7	43,5	42,7	40,6+44,4 (42,4)
Dichte ρ bei 20°C	kg/l	0,79	0,79	0,72+0,75	0,73+0,78	0,81+0,85 (0,829)
Siedetemperatur	°C	78	65	25+210		150+360
Verdampf.-Wärme	kJ/kg	904	1.110	377+502	419	544+795
Abkühlung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bei Verdampfung	K	etwa 82	etwa 132	etwa 19		
Klopffestigkeit (Oktananzahl)		111,4	114,4	>91	>97,4	
Zündwilligkeit (Cetanzahl) CZ		8	3			> 45

3.2. Äthanol als Kraftstoff

Der Betrieb von Ottomotoren mit Äthanol ist seit längerer Zeit üblich (2). Während man bei Zumischungen von bis zu 30% Äthanol zu Benzin auf technische Veränderungen am Motor verzichten kann, empfiehlt sich beim Umstellen auf reinen Alkoholbetrieb eine Anpassung an die Eigenschaften des Kraftstoffes (größerer Kraftstoffbehälter usw.).

Wegen des niedrigen Dampfdruckes und der hohen Verdampfungswärme von Äthanol können bei Reinalkohol-Betrieb Schwierigkeiten beim Start des kalten Motors entstehen. Hier wäre durch den Zusatz von Zündverbesserern oder durch Vorwärmung des Kraftstoffes Abhilfe möglich.

Schwierigkeiten gibt es laut Batel u. a. (3) auch bei der Verwendung von wasserhaltigem, billigerem Alkohol zu Benzin-Alkohol-Mischungen. Durch Entmischung der Komponenten kann es zu Betriebsstörungen kommen.

Der Betrieb von Dieselmotoren mit Äthanol gestaltet sich schwierig, denn wegen seiner äußerst geringen Zündwilligkeit kann Äthanol Dieseldieselkraftstoff nicht ohne weiteres ersetzen.

Hier besteht nun zum einen die Möglichkeit, den Kraftstoff durch Zusatz von Zündverbesserern (z. B. Amylnitrat oder Diäthylenglykoldinitrat) soweit an den Motor anzupassen, daß dieser selbst nur noch geringer Änderungen bedarf.

Eine andere Möglichkeit liegt im Zweistoffverfahren und dabei speziell im sog. Alkohol-Direkteinspritz- oder Zündstrahlverfahren, welches nach Batel u. a. (3) das günstigste Betriebsverhalten und den weitestgehenden Ersatz von Dieselkraftstoff erreicht. Neben der üblichen Einspritzanlage mit Diesel, die zum Anlassen des Motors und zur Aufrechterhaltung der Zündung dient, ermöglicht ein zweites entsprechend ausgelegtes System mit Tank, Leitungen, Regler, Einspritzpumpe und -düsen die direkte Einspritzung von Äthanol in die Zylinder.

Auf diese Weise können 95% des Dieselkraftstoffes durch Äthanol substituiert werden; die verbleibenden 5% sind heute durch Pflanzenöle ersetzbar. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Zufuhr von Äthanol und Diesel im Verhältnis verändert werden kann und ebenso reiner Dieselbetrieb möglich ist.

Die Anforderungen des Zündstrahlverfahrens an die Kraftstoffqualität des Äthanol sind gering; hier besteht demzufolge die Möglichkeit, wasserhaltigen, in der Herstellung billigeren Alkohol, dessen Zündwilligkeit sich weiter verringert, zu verwenden. Bis zu einem Wassergehalt von 20 Vol.% treten keine wesentlichen Leistungseinbußen auf (3,5).

Demgegenüber steht als Nachteil der hohe technische und damit auch finanzielle Aufwand bei der Umrüstung (wichtig ist die Verwendung von nicht korrosionsfähigem Material).

Eine weitere Art der Gemischbildung liegt im Vergaser-Diesel-Verfahren. In diesem Fall erfolgt die Zündung ebenfalls über die konventionelle Einspritzung von Diesel oder heute auch Pflanzenöl; der vom Motor angesaugten Luft wird dann Äthanol beigemischt. Insgesamt können so bis zu 70% des Diesel-Kraftstoffes durch Äthanol ersetzt werden. Havemann u. a. (10) fanden für dieses Verfahren folgende Betriebsergebnisse:

- Höher Luftausnutzung (95% statt 60% bei Dieselöl) ermöglicht höhere Leistung.
- Pflanzliche Zündöle erlauben höhere Alkoholanteile am gesamten Kraftstoffbedarf.
- Der Motor kann bei Äthanol-Zusatz um etwa 40% überlastet werden, ohne daß dabei die Abgasrauchdichte steigt.
- Die thermische Ausnutzung der Brennstoffe steigt bei normaler Last und Überlastung mit höherer Alkoholaufnahme bis zu einem Bestwert an, um dann wieder zu fallen.
- Die sehr starke Wärmentwicklung bei der Alkoholverbrennung wirkt sich in Richtung einer vollkommeneren Verbrennung des Zündöles auf. Dies erklärt die Abnahme der Abgastrübung bei Vollast mit Alkoholzusatz.
- Die fast rauchlose Verbrennung von Alkohol, verbunden mit der Wärmeentwicklung bei Vollast, verursacht die deutliche Verringerung von Ablagerungen an Kolben und Brennkammerwänden (bei niedriger Belastung tritt das Gegenteil ein).

4. Schlußfolgerungen zum Thema Äthanol und Biogas

Die vorangegangenen Kapitel verdeutlichen, daß die Verwendung von Äthanol als Kraftstoff im Grunde keine wesentlichen Schwierigkeiten bereitet.

Problematisch wird der Einsatz dieses alternativen Kraftstoffes, wenn man die Kostenseite betrachtet. Batel (2) gibt für die Äthanolgewinnung in der Bundesrepublik Deutschland Kraftstoff-Kosten von 1,20–2,40 DM/l bzw. 7,5–11,4 Dpf/MJ an; diese Werte resultieren aus den Produktionskosten für die Erzeugung von Zuckerrüben oder anderem geeigneten Pflanzenmaterial und den Aufwendungen bei der Äthanolgewinnung. Unter diesen Voraussetzungen erweist sich die Substitution von konventionellen Kraftstoffen als wenig sinnvoll.

Anders liegt die Sachlage beispielsweise in Brasilien. Durch die Verwendung von Zuckerrohr und der dabei anfallenden Bagasse (plus niedrige Arbeitslöhne) sinken die Erzeugungskosten von Äthanol soweit, daß sich preislich gesehen sehr wohl eine Konkurrenz zu Benzin und Diesel ergibt.

Als Folge der Konkurrenzfähigkeit zeichnet sich eine starke Ausdehnung der Zuckerrohranbauflächen zum Zweck der Äthanolgewinnung ab. Spätestens hier ist die Frage nach der zentralen Aufgabe der Landwirtschaft angebracht (9). Die offensichtliche weltweite Verschärfung der Ernährungssituation bei gleichzeitigem Wachstum der Haushaltsdefizite der Länder durch Energieimporte lassen das Dilemma (besonders der Staaten der Dritten Welt) erkennen, indem zwischen Nahrungsmittel- und Energieproduktion entschieden werden muß.

Tabelle 3 zeigt nochmals, welche technischen Maßnahmen beim Einsatz alternativer Kraftstoffe in Otto- und Dieselmotoren notwendig sind.

Grundsätzlich kann nach den bisher durchgeführten Betrachtungen festgestellt werden, daß Biogas als Kraftstoff für Motoren geeignet ist.

Es zeigt sich jedoch, daß, wenn von einer bereits bestehenden Biogasanlage ausgegangen werden kann, erhebliche Kosten entstehen, bis der Betrieb eines Schleppers mit Biogas möglich ist. Diese Kosten liegen in der Anschaffung von Gasflaschen, Kompressoranlagen und schließlich auch im Umbau des Schleppers. Insgesamt ergeben sich laut Batel (2) an Kraftstoffkosten für Biogas 5,0–7,2 Dpf/MJ (Vergleichswert für Diesel 3,4–3,9 Dpf/MJ).

Bei allen positiven Eigenschaften biogasbetriebener Traktoren sollte daneben nicht vergessen werden, daß die Umrüstung auf reinen Biogasbetrieb eine ausreichende Versorgung mit Gas voraussetzt. Sobald saisonbedingter Gasmangel eintritt, ergibt sich die Notwendigkeit einer Zusatzausrüstung, die den Einsatz anderer Kraftstoffe erlaubt (z. B. Diesel), oder aber die Arbeitsspitzen müssen von einem dieselbetriebenen Schlepper übernommen werden.

Aus dieser Problematik heraus begann die derzeitige Entwicklung von Gas-Dieselmotoren, die für den stationären Betrieb bereits im Handel sind (2).

Tabelle 3: Alternative Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen aus Erdöl. Bundesrepublik Deutschland, Stand März 1982. Die Kraftstoffpreise sind angegeben für die Volumen (DM/l; DM/Normal m³ und die Energieeinheit Dpf/MJ) nach Batel (2).

Kraftstoff	Rohstoff	Einsatz im Ottomotor			Einsatz im Dieselmotor			Heizwert MJ/l	Kraftstoff-Kosten (+Mineralölsteuer)	
		mögl.	besond. Bedingungen od. Ausrüstung	Wechselbetrieb	mögl.	besond. Bedingungen	Wechselbetrieb		DM/l	Dpf/MJ
alternative, flüssige Kraftstoffe										
Pflanzenöl	Mehhaltige Pflanzenteile (Raps-, Soja-, Erdnuß-, Sonnenbl.-Samen ...)	nein			ja	aber in Direkt-Einspritzm. nur kurzzeitig evtl. Kraftstoff-Vorwärmung	ja	35	1,50 -2,15	4,3- 6,1
Äthyl- u. Methyl-ester v. Pflanzenöl	Pflanzenöl u. Alkohol	nein			ja	Umesterung d. Pflanzenöles m. einwertigem Alkohol	ja	32,4	1,60 -2,20	4,9- 6,8
Äthanol (rein)	Zucker, Stärke, Zellulose	ja	Alkohol-Motor	nein	nein				1,20 -2,20	5,7- 10,5
Äthanol m. Zündverbesserer	(Rüben, Kartoffeln, Getreide, Zuckerrohr, Maniok, Stroh, ...)	nein			ja	Zündverbesserer Mengenanpassung des Kraftstoffsystems alkoholbest. Werkstoffe	ja	~21	1,30 -2,40	6,2- 11,4
Äthanol als Zusatz		ja	etw. alkoholbest. Werkstoffe	ja	ja	nur m. Lösungsvermittler	ja		1,20 -2,20	5,7- 10,5
Methanol (rein)	Zellulose (Stroh, Holz)	ja	Alkohol-Motor	nein	nein					
Methanol als Zusatz		ja	etw. alkoholbest. Werkstoffe	ja	ja	nur mit Lösungsvermittler	ja	~16		
alternative, gasförmige Kraftstoffe										
Biogas	pflanzl. u. tierische Abfälle (Gülle, Festmist, Gras ...)	ja	Hochdruckflaschen, Gasmischer	ja	nein			22 MJ/m ³	0,8- 1,0 +0,3 -0,6 DM/m ³	3,6- 4,5 +1,4- 2,7*
Generatorgas (Holzgas)	Zellulose (Holz, Stroh, Fruchtschalen)	ja	Gasgenerator einschl.-kühler u. -reiniger, Gas-mischer	ja	nein			5 MJ/m ³	0,06 -0,1 DM/m ³	1,2- 2,0
konventionelle, flüssige Kraftstoffe										
Otto-Kraftstoff (Normal)	Erdöl	ja			bedingt	als Zumischung bis ~30%; ohne bes. Aufwand	ja	32,0	0,75 -0,90 (0,5)	2,3- 2,8 (1,6)
konventionelle, flüssige Kraftstoffe										
Otto-Kraftstoff (Super)	Erdöl	ja			bedingt	als Zumischung bis ~30%; ohne besond. Aufwand	ja	32,2	0,80 -0,95 (0,5)	2,5- 3,0 (1,6)
Diesel-Kraftstoff	Erdöl	nein			ja			35,1	0,75 -0,90 (0,4)	2,1- 2,6 (1,3)
Flüssiges (Autogas)	Erdöl, Erdgas	ja	Druckgestank, Gemischer	ja	nein			23,5	~0,65 (0,3)	~2,8 (1,4)

*Kosten für Verdichtung

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, neben einem kurzen Einblick in die Gewinnung von Biogas und Äthanol eine Darstellung der Eigenschaften der beiden Kraftstoffe zu geben.

Daran schließt sich die Beschreibung der, aufgrund der von Benzin und Diesel verschiedenen Eigenschaften, notwendigen Veränderungen an konventionellen Motoren an.

Grundsätzlich, so wird festgestellt, sind Biogas und Äthanol als Kraftstoffe geeignet. Die jeweiligen Kapitel enden mit Hinweisen auf die Kraftstoffkosten und auf Faktoren, die beim Einsatz von Biogas und Äthanol unbedingt berücksichtigt werden müssen.

Summary

This paper tries to give a short insight about the production of biogas and ethanol and to describe the characteristics of this fuels.

Due to the fact that petrol and diesel have different properties, changes in conventional engines are of necessity.

Principally it is noticed that biogas and ethanol are appropriate for energy. Each chapter ends with emphasis on energy costs and factors which must be considered be use of biogas and ethanol.

Literaturverzeichnis

1. BAADER, W.; DOHNE, E.; Brenndörfer, M., 1978: Biogas in Theorie und Praxis. – KTBL-Schrift 229.
2. BATEL, W., 1982: Alternative Kraftstoffe für die Landwirtschaft. – Landtechnik 37 (H. 6), 278–280.
3. BATEL, W.; GRAEF, M.; MEJER, G.-J.; SCHOEDDER, F.; VELLGUTH, G., 1981: Äthanol aus nachwachsenden Rohstoffen als alternativer Kraftstoff für Fahrzeuge. – Grundlage der Landtechnik B. 31 (Nr. 4), 127–137.
4. BÜTTNER, S.; MAURER, K., 1982: Traktor mit Biogasbetrieb – Umrüstungen und erste Erfahrungen. – Landtechnik 37 (H. 6), 284–287.
5. DIETRICH, W. R., 1982: Alkohol für den Schlepper. – Landtechnik 37 (H. 6), 281–283.
6. DOHNE, E., 1983: Speicherung von Biogas in landwirtschaftlichen Betrieben. – Landtechnik 38 (H. 1), 17–19.
7. EGGERSGLÜSS, W., 1980: 16 Jahre Stromerzeugung aus Biogas in Moos. – Landtechnik 35 (H. 8), 370–373.
8. FELDMANN, F., 1954: Biogas als Energiequelle. – Landtechnik 9 (H. 21), 616–620.
9. GÖRICKE, F. V.; REIMANN, M., 1982: Treibstoff statt Nahrungsmittel. rororo-aktuell Bd. 5030, Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg.

10. HAVEMANN, H. A.; RAO, M. R. K.; NATARAJAN, A.; NARASIMHAN, T. L., 1954: Der Betrieb von schnelllaufenden Dieselmotoren mit normalen und schweren Kraftstoffen in Verbindung mit Alkohol. – Motortechnische Zeitschrift 15 (Nr. 6), 177–185.
11. HAVEMANN, H. A.; RAO, M. R. K.; NARASIMHAN, T. L., 1958: Leistungssteigerung durch das „Vergaser-Diesel-Verfahren“ mit Alkohol. – Motortechnische Zeitschrift 19 (Nr. 2), 50–55.
12. SEIFERT, A., 1955: Biogas als Kraftstoff für Motoren und Ackerschlepper. – Landtechnik 10 (H. 2), 29–31.
13. RUSKE, B.; TEUFEL, D., 1980: Das sanfte Energie-Handbuch. – rororo-aktuell, Rowohlt Taschenbuchverlag GmbH, Reinbek bei Hamburg.
14. Zuckerindustrie (1983) (H. 2), 145.